

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



**Aumento en la Tolerancia a la Alcalinidad en Agua de Riego
Mediante la Aplicación de Ácidos Húmicos-Fúlvicos en Crisantemo en
Maceta**

Por:

LINDA SALOME PARTIDA ZUÑIGA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Aumento en la Tolerancia a la Alcalinidad en Agua de Riego Mediante la
Aplicación de Ácidos Húmicos-Fúlvicos en Crisantemo en Maceta

Por,

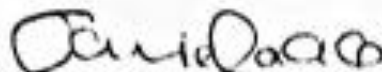
LINDA SALOME PARTIDA ZUÑIGA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

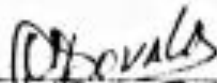
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Daniela Alvarado Camarillo

Asesor principal



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala

Coasesor



Dr. José Adolfo González Fuentes



Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México
Octubre 2020

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme guiado en el camino del bien y permitirme llegar a esta etapa de mi vida, gracias por mis padres y a las personas buenas que pusiste en mi camino.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme brindado la oportunidad de superarme y lograr mí sueño.

A la **Dra. Daniela Alvarado Camarillo**, por su amistad, confianza, dedicatoria, apoyo y conocimientos compartidos para la realización de este trabajo. Ya que sin su ayuda no podría lograrlo.

Al **Dr.**, por haber brindado su apoyo, conocimientos para la realización de esta investigación.

Al **Dr.**, por su colaboración y disponibilidad para apoyarme en esta investigación.

A la **M.C María Martha Ortega Rivera y Ing. María de Lourdes Hernández Hernández**, por darme la oportunidad de contar con su valiosa amistad y cariño, por haberme acompañado en estos años de la carrera por estar siempre para mí cuando más lo necesite mucha gracias.

Ing. Fidel Maximiano Peña Ramos por brindarme su amistad y por ser un buen amigo

Al **Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar**, por brindarme la oportunidad y confianza para pertenecer en su equipo de trabajo, y principalmente por su amistad que me brindo incondicionalmente y por sus sabios consejos.

A los profesores que durante todas las etapas de mi vida transmitieron sus conocimientos para mi formación profesional.

A mis amigos Luis Fernando Flores Adorno, Sergio Tafoya Zarate y Fredi Flores Rojas que me brindaron su amistad y así mismo apoyo para la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la oportunidad de vivir y así mismo permitirme lograr lo que ahora soy y darme las fuerzas necesarias para enfrentar los obstáculos presentes durante esta etapa.

A mis padres: **Sr. Víctor Javier Partida Flores** y **Sra. Hermelinda Zuñiga Osuna**, a quienes les doy las gracias desde lo más profundo de mi corazón, por su inmenso amor, nunca me dejaron sola siempre están para mí en cualquier momento, por el apoyo económico que siempre me han brindado.

Ya que siempre confiaron en mí, por haberme hecho una mujer de bien, darme la oportunidad de realizar mis estudios, y enseñarme que siempre hay que seguir adelante a un que el camino sea difícil, este triunfo también es de ustedes.
Los amo

A mis familiares:

Abuelos:

Epitacio Partida Gómez (†)

Anselmo Zúñiga Rangel

Ma. Salome Flores Medina

Petra Osuna Juárez

Tíos:

Marcial, Araceli, Rosalba,

Olivia, Magdaleno,

Fidencio, Cayetana

A mi tío J. Trinidad Torres Álvarez ya que sin su enseñanza y modelo a seguir, no habría entendido lo maravilloso que es mi carrera, por este motivo le dedico este gran logro.

Primos

Misael, Pedro, Antony, Azucena, Sergio, Isaí, Ulises, Yesica, Angélica, Tonantzin.

Rosa, Cesar, Luis, Itandewi, Quetzalli, Luisa, Lina, Brenda, Gabriel.

A mi novio Luis Fernando Flores Adorno ya que sin su presencia, el recorrido por este camino no hubiera sido igual, cada experiencia única de aprendizaje pudo ser disfrutada y aprovechada al máximo, gracias por entenderme en todo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE CUADROS	10
RESUMEN	11
I. INTRODUCCIÓN	12
<i>Objetivos</i>	14
<i>Hipótesis</i>	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
<i>Origen e Historia del Crisantemo</i>	15
<i>Descripción Botánica</i>	15
<i>Descripción Taxonómica</i>	16
<i>Clasificación del Crisantemo</i>	17
De acuerdo a las características de la flor (Larson, 1988).....	17
De acuerdo al uso comercial	18
Por la respuesta al fotoperiodo.....	19
De acuerdo a su respuesta a la temperatura.....	19
<i>Manejo</i>	20
Poda	20
Despunte	20
Desbrote	21
Desbotone	21
Manejo estándar.....	22
Manejo despuntado	22

Manejo spray o ramillete a un tallo	22
<i>Alcalinidad</i>	22
<i>Alcalinidad en el agua</i>	23
<i>Efecto de la alcalinidad en las plantas</i>	23
<i>Materia Orgánica del Suelo</i>	24
<i>Sustancias Húmicas</i>	25
<i>Ácidos húmicos</i>	26
<i>Ácidos fúlvicos</i>	26
<i>Efecto de las sustancias húmicas</i>	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
<i>Localización del Sitio Experimental</i>	28
<i>Material Vegetativo</i>	28
<i>Materiales</i>	29
Preparación del sustrato.....	32
Trasplante.....	32
Riego	33
Despunte	33
Desbotonado	33
<i>Variables Evaluadas</i>	34
Cosecha.....	34
IV. RESULTADOS	39
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES.....	55
VII. LITERATURA CITADA.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquejes de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy al momento del trasplante.	28
Figura 2. Plantas establecidas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy a las que se les realizó la práctica del despunte y posterior brotación de las yemas axilares.	33
Figura 3. Plantas establecidas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy a las que se les realizó la práctica de desbotonado inicial	34
Figura 4. Medición del peso seco de flores de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	35
Figura 5. Medición del peso seco de raíz de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	35
Figura 6. Medición de la longitud de la planta de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	36
Figura 7. Medición de las unidades SPAD en hojas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	36
Figura 8. Medición del diámetro de flores en crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	37
Figura 9. Determinación del volumen de raíz en plantas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy.	37
Figura 10. Determinación del pH y conductividad eléctrica del sustrato a base de una mezcla de peat moss y perlita a la terminación del estudio.	38
Figura 11. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco aéreo de crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	40
Figura 12. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco de tallo en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	41

Figura 13. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco total de hojas en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).....	41
Figura 14. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco de raíz en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	42
Figura 15. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco de las flores en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).....	44
Figura 16. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco de botones florales cerrados en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	44
Figura 17. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el peso seco de botones florales abiertos en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	45
Figura 18. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en la longitud de planta en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	46
Figura 19. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en el diámetro de flor en crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	47
Figura 20. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ ,	

en el índice SPAD en hojas de crisantemo para maceta (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat).	48
Figura 21. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L ⁻¹ , en la conductividad eléctrica del sustrato a los 60 DDT.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos del experimento.	31
Cuadro 2. Análisis de calidad del agua potable utilizado para la preparación de las soluciones nutritivas evaluadas en el presente experimento.	31
Cuadro 3. Sales fertilizantes utilizadas para preparar las soluciones nutritivas (meq) en base a la formulación de Steiner en tres concentraciones (50%, 75% y 100%) y tres niveles de alcalinidad (0.5, 2.5 y 5.1 meq) y considerando el análisis del agua.	32
Cuadro 4. Peso seco (g) de órganos vegetativos en plantas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.	39
Cuadro 5. Peso seco (g) de órganos reproductivos en plantas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.	43
Cuadro 6. Longitud de planta (cm) y diámetro de flor (mm) en plantas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.	46
Cuadro 7. Índice SPAD en cinco hojas (A-E) de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos (AHF) en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.	48
Cuadro 8. pH y Conductividad eléctrica (CE) del sustrato en cuatro muestreos realizados después del trasplante (DDT) en plantas de crisantemo (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos (AHF) en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.	49

RESUMEN

Con el fin de determinar la efectividad de los ácidos húmicos y fúlvicos, sobre el aumento de la tolerancia de la alcalinidad en el cultivo de crisantemo, bajo condiciones de invernadero, en macetas que contenían 2 kg de una mezcla de turba ácida y perlita (80 y 20%), se trasplantaron 4 esquejes de crisantemo de la variedad Breeze Rosy, teniendo 9 tratamientos con 5 repeticiones. El primer riego que se le dio a todos los tratamientos con una solución nutritiva al 50 % de Steiner, posteriormente se subió al 75 y 100 % las cuales fueron elaboradas a diferente alcalinidad (0.5, 2.5, 5.1), intercalando los riegos con una aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos (AHF) (0, 1.5 y 3 ml). Las variables medidas a la planta fueron: peso fresco de tallo, hojas, flores, botones, raíz; peso seco de tallo, hojas, flores, botones abiertos y cerrados, raíz, longitud de planta, clorofila, diámetro de flor, volumen de raíz, y pH y conductividad eléctrica del sustrato. Los ácidos húmicos y fúlvicos aplicados estimularon el crecimiento de plantas de crisantemo en maceta al promover un mayor peso seco aéreo, longitud de plantas y coloración verde del follaje. La alcalinidad en el agua de riego afectó el crecimiento de las plantas; sin embargo, la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos contrarrestaron el efecto negativo de la alcalinidad cuando se realizó una aplicación a una concentración de 1.5 ml L⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

El crisantemo es una de las especies ornamentales más cultivadas en todo el mundo, después de la rosa, el crisantemo sigue siendo la flor cortada más vendida; el blanco es el color más vendido (40%), seguido en importancia los amarillos (31%) y los rojos (11%). La producción es importante en varios países europeos, así como en Colombia, Estados Unidos, Canadá y México donde desde hace mucho tiempo es un proceso Agroindustrial y en Japón la flor del crisantemo alcanza un valor simbólico (Patiño, 2009).

El crisantemo es considerado como una de las flores más populares en el mundo, especialmente desde el punto de vista comercial (Pandya y Saxena, 2001).

En los últimos años la floricultura ha tenido un importante desarrollo a nivel nacional, gracias a que nuestro país cuenta con una gran diversidad de micro climas aptos para la producción de flor.

El cultivo sin suelo está ganando importancia, ya que es más fácil el control de las propiedades físicas del sustrato, en comparación con la utilización del suelo directamente (Barbosa et al., 2000). En dicha condición, las plantas pueden ser cultivadas en agua o sustratos con baja o nula actividad química, las cuales se abastecen con los nutrimentos esenciales para su desarrollo mediante la adición de alguna de las soluciones nutritivas conocidas. Así, de los sistemas hidropónicos que comúnmente se utilizan, los sistemas cerrados evitan la contaminación del suelo y pérdida de agua, debido a que en éstos se cambia con menos frecuencia la solución nutritiva, en comparación con los sistemas abiertos (Flores et al., 2005).

Las principales sales solubles que afectan a los suelos son los cloruros, en especial de sodio y magnesio, y en segundo lugar, por lo general, bastante alejados, los sulfatos de estos cationes. Estas son sales constituidas por cationes y aniones fuertes, su disociación no altera el pH de la solución de manera significativa; pero en la solución edáfica y en algunas fuentes de agua freática de baja mineralización suelen ser alcalinas, en ellas el sodio está asociado con los aniones carbonato y bicarbonato, ambos débiles; la disolución de este tipo de sales hace que el pH de la

solución alcance valores muy elevados para la mayor parte de los cultivos. (Ortega y Orellana, 2007).

La cantidad y la calidad del agua son factores importantes para determinar la disponibilidad del agua e idoneidad para el riego, pero la calidad del agua a menudo se descuida. La calidad del agua puede determinar los cultivos que pueden o no cultivarse, los métodos para riego, y el requerimiento de tratamientos de agua. Entre los más importantes parámetros de calidad, la alcalinidad del agua se considera crítica debido a su impacto en el suelo o solución de medio de cultivo (Valdez-Aguilar, 2004).

La alcalinidad afecta una parte importante de las zonas áridas y semiáridas debido a que causa varios problemas nutricionales en las plantas como la clorosis en hojas jóvenes debido a la incapacidad de las plantas de absorber suficiente hierro (Fe). La alcalinidad puede inducir además deficiencias de cobre (Cu), zinc (Zn), potasio (K) y fósforo (P) a causa de su baja solubilidad, y de nitrógeno (N) debido generalmente al bajo contenido de materia orgánica (Gómez, 2013).

La alcalinidad del agua es causada por elevados contenidos de carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) los cuales pueden ser perjudiciales para el crecimiento de las plantas. En el agua de riego, los principales componentes de la alcalinidad llevan a la formación de formas insolubles de P y micronutrientes (Cartmill et al., 2007), además de calcio (Ca) y magnesio (Mg). La elevada alcalinidad del agua de riego da como resultado el incremento del pH del medio de cultivo por la neutralización de H^+ por HCO_3^- y CO_3^{2-} (Valdez-Aguilar y Reed, 2007), y finalmente, el crecimiento de la planta se altera por la precipitación de micronutrientes (Valdez-Aguilar et al., 2009).

Por todo lo anterior y con la finalidad de aportar una alternativa que coadyuve en el incremento de la productividad del cultivar de crisantemo, el presente trabajo se planteó con el objetivo de determinar la influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos a diferentes concentraciones de alcalinidad de la solución nutritiva sobre el

crecimiento y floración del cultivo en invernadero de crisantemo Brezze Rosy en hidroponia.

Objetivos

Determinar el efecto de la aplicación de ácidos húmicos en la tolerancia del crisantemo en maceta a la alcalinidad en el agua de riego.

Hipótesis

Los ácidos húmicos-fúlvicos afectan la tolerancia del crisantemo en maceta a la alcalinidad en el agua de riego

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia del Crisantemo

El primer registro que se tiene del cultivo de crisantemo proviene de china, cerca del año 500 a.C. en la provincia conocida como Shantung, fue introducida a Japón entre los años 724 a 749 d.C. la selección y cruce con especies silvestres japonesas continuaron por varios años según (Bautista, 2002).

El crisantemo utilizado por los floricultores es un híbrido complejo, el cual si se cultiva de semilla, segrega flores de formas muy diversas, la mayoría de las especies de donde se han generado los cultivares actuales son originarios de china y de Japón dos ancestros importantes son el *Chrysanthemum indicum* (un crisantemo sencillo amarillo), *C. morifolium* (de colores rosa y lilas), la cual fue llevada a Inglaterra por Robert Fortune en 1843 y se piensa que es uno de los parientes del crisantemo pompón. Aun antes de esta fecha los británicos y holandeses estaban creando híbridos de crisantemo.

En Estados Unidos el señor Elmer D. Smith empezó a crear híbridos para el comercio de flores en 1889. El creó híbridos y dio nombre a unos 500 cultivares, algunos de los cuales se cultivan en la actualidad.

La hibridación comercial para mejorar las variedades, continúa actualmente en América, Asia y Europa, la selección está basada no solo en la forma y color de la flor, sino también en la adaptabilidad de la plantas de vivero para programas de florecimiento durante todo el año y en la calidad después de la cosecha menciona (Hernández, 2008).

Descripción Botánica

- Raíz: es fibrosa típica, de apariencia suave y superficial. Su profundidad no alcanza más allá de los 50 cm.
- Tallo: se puede encontrar pubescencia, el grosor del tallo generalmente no rebasa los 1.5 cm. de diámetro con excepción de las plantas con mucha edad.
- Hoja: presenta un limbo herbáceo, por su forma su clasificación es muy específica, con bordes lobulados, ápice acuminado y una base cuneiforme, por lo que se le considera lobulada irregular. Dentro de la filotaxia se le considera en el grupo de las alternas, contando con una hoja por nudo y una yema en cada axila de cada hoja.
- Flor: Lo que se conoce como flor es realmente una inflorescencia en capitulo. Existen diversos tipos de capitulo cultivados comercialmente aunque, en general esta inflorescencia está formada por dos tipos de flores: femeninas (radiales; corresponde a la hilera exterior en las margaritas) y las hermafroditas (concéntricas; corresponde a las centrales). El receptáculo es plano o convexo y está rodeado de una envoltura de brácteas describe (Infoagro, 2019).

Descripción Taxonómica

Reino Plantae

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida

Orden Asterales

Familia Asteraceae

Genero *Chrysanthemum*

Variedad Breeze Rosy

Clasificación del Crisantemo

De acuerdo a las características de la flor (Larson 1988)

- Sencillas. Tipo margarita, compuestas de una ó dos hileras de flores pistiladas exteriores (radiales) y flores planas bisexuales (concéntricas) en el centro.
- Anémonas. Similares a las de forma sencilla, excepto que las flores concéntricas son alargadas y tubulares, formando un cojín. Las flores concéntricas pueden ser del mismo color o de uno diferente al de las flores radiales.
- Pompones. Con una cabeza globular formada de flores radiales cortas y uniformes; la forma se considera clásica, las flores concéntricas no se presentan.
- Decorativas. Similares a los pompones, ya que se componen principalmente de flores radiales, pero las hileras exteriores son más largas que las centrales, dando a la inflorescencia una forma plana e irregular. Los tamaños son en su mayoría intermedios y grandes.
- Flores Grandes. La flor es mayor de 10 cm de diámetro y son utilizadas para exhibición. Y se clasifican de muchas formas. Las flores concéntricas no se presentan en la mayoría de estas formas;
 - a) Incurvada doble: con curva doble hacia dentro; redonda y clásica, con flores radiales similares en tamaño a las flores concéntricas curvadas hacia dentro y hacia la parte superior.
 - b) Reflexada doble: menos clásica y redonda que la curvatura doble hacia dentro, con flores radiales sobre puestas curvadas hacia abajo, excepto por las flores radiales.
 - c) Flores radiales tubulares:
 - i. Araña, flores radiales tubulares y alargadas en las hileras exteriores, pero cortas en el centro. Las flores radiales

colgantes de la hilera exterior a veces esta doblada como gancho en el extremo.

- ii. Fuji: similar a la araña (tipo montaña), excepto que las flores radiales pueden ser más cortas, menos colgante y no forma gancho en el extremo.
- iii. Plumosas: flores radiales tubulares, largas en la parte externa y cortas cerca del centro, párese pluma de ave. Los extremos de la flores son abiertas y no están aplanados.
- iv. Acucharadas: similares a las plumas, excepto que las flores de la hilera exterior están abiertas y aplanadas, pareciendo una cuchara.

d) Misceláneas: clase nueva que consiste en florecillas radiales pilosas como pluma.

De acuerdo al uso comercial

Esta clasificación está dada dependiendo de la demanda del mercado de los crisantemos y puede ser.

A).- Crisantemo de flor de corte, se puede encontrar dos tipos según Langhans, (1964).

1.- Crisantemo para producir una flor por tallo, incluye dos tipos:

- Crisantemo estándar o comercial. Son plantas desbotonadas para producir una flor por tallo, los tallos miden de 90 a 120 cm de altura, anteriormente era llamados de exhibición.
- Crisantemo desbotonado, el termino desbotonado es aplicado a ciertos cultivares de los tipo decorativos y pompón de flor grande que son desbotonados de manera que quede una flor por tallo, obteniendo una flor más grande que lo normal pero de menor tamaño que la de tipo Estándar.

2.- Crisantemo tipo Spray, son aquellos en que algunas o todas las flores que estén sobre un mismo tallo se dejan desarrollar. El resultado es un agrupamiento de flores con una agradable apariencia.

B).- crisantemo para maceta. Son crisantemos que se cultivan con el fin de venderse como plantas para maceta y son manejadas como las de tipo Spray del punto anterior.

Por la respuesta al fotoperiodo

Los cultivares híbridos que se utilizan hoy en día, son híbridas y se les hace florecer durante todo el año: son plantas de día corto que solo florecen cuando las noches son largas y se clasifican de acuerdo a la fecha en que florecen de manera natural, de tres formas:

A). Cultivares tempranas, estas florecen entre los meses de agosto a mediados de octubre.

B). Cultivares intermedio, estas florecen después del 15 de octubre hasta mediados de noviembre.

C). Cultivares tardíos, estas florecen después de la mitad de noviembre.

De acuerdo a su respuesta a la temperatura

Muchos cultivares de crisantemo fueron clasificados por Cathey (citado por Larson, 1988). En categoría de temperatura basándose en la respuesta de floración:

1.-Cultivares termocero: los que muestra poca iniciación floral entre los 10 °C a los 27°C. La floración se lleva a cabo rápidamente a los 15.5 °C, esta categoría se sugiere como la más adecuada para la floración de todo el año.

2.- Cultivares termopositivos: en los cuales la floración se inhibe de bajo de los 15.5°C. Las yemas florales se pueden iniciar pero no se desarrollan más allá de un estado de cabezuela a bajas temperaturas. Si se mantiene la temperatura apropiada estos cultivares pueden utilizarse para floración todo el año.

3.- Cultivares termonegativos: en lo cual la floración se inhibe por arriba de los 15.5°C. Las temperaturas menores (10°C) pueden retardar pero no inhibe la iniciación, estos cultivares deberán cultivarse únicamente cuando las temperaturas nocturnas pueden ser controladas a 15.5°C, o ligeramente más bajas se deberán evitar el cultivo en verano.

Manejo

Poda

Las podas en crisantemo se refieren a tres operaciones básicas; despunte, desbrote y desbotone. Dentro de las labores del cultivo las podas son muy importantes y requieren bastante criterio para realizarlas en el momento oportuno. Cuando se realizan en forma adecuada se puede asegurar una buena calidad de flor.

Despunte

El despunte consiste en quitar el punto Terminal de crecimiento de la planta con el fin de estimular el desarrollo de brotes axilares y permitir varios tallos por planta. Anteriormente, cuando el crisantemo se cultivaba bajo condiciones ambientales naturales, el despunte y la fecha de realización fueron una parte muy importante en el programa de cultivo. La fecha del despunte determinaba el tipo de formación del ramo y el tipo de yema floral. En la actualidad el despunte solo se realiza para incrementar el número de tallos florales por planta, mientras que la temperatura y el fotoperiodo controla la formación del ramo y el tipo de yema floral. Las ventajas de realizar el despunte es que va a requerir menor número de plantas por cama, ya que se puede obtener mayor número de tallos florales por planta. Las desventajas, es que las plantas despuntadas van a tardar entre 5 a 7 días más en florecer que aquellas no despuntadas.

El tiempo que debe de transcurrir desde la plantación al despunte va a depender de la intensidad lumínica, temperatura y condiciones generales de crecimiento de la planta. Una regla a seguir es que el despunte se debe realizar cuando la planta empiece a crecer y produzca nuevas hojas. El tiempo normal va de dos a cuatro semanas después de la plantación.

Existen tres tipos de despunte; fuerte, suave y apical. En el despunte fuerte, se quitan cinco a más cm de la punta de crecimiento. Algunos productores lo ocupan en ocasiones para producir algunos esquejes extras. Este tipo de despunte no es muy recomendable por dos razones: primero, se lleva mucho tiempo para llegar a

realizarse y segundo, los hijos que se obtienen son de baja calidad por que provienen de tejidos viejos.

El despunte suave: este se realiza sobre el crecimiento nuevo de la planta y se eliminan de uno a dos cm de la parte apical. Este despunte es el más usado entre los productores.

El despunte apical: en este solo se elimina el punto de crecimiento y ninguna de las hojas en crecimiento se quitan. Es el más deseable por que los hijos aparecen más rápidamente y se dejan más hojas por planta. Es muy importante asegurarse de eliminar completamente el punto de crecimiento para evitar que se desarrolle una planta malformada.

Desbrote

En la mayoría de las plantas que son despuntadas se desarrollan más de tres brotes por planta. El desbrote consiste en eliminar los brotes inferiores excedentes, dejando de tres a cuatro brotes a producción. Los brotes superiores siempre van a proporcionar tallos de mayor vigor que los inferiores.

La importancia del desbrote radica en que si no se eliminan a tiempo se desarrollan en ellos la yema floral, las cuales les retrasaran vigor a las yemas florales de los brotes principales. Esta labor se utiliza normalmente en el tipo Spray cultivada en maceta.

Desbotone

El desbotone es la operación mediante el cual los botones florales (Terminal o lateral) son eliminadas. El propósito de la operación es la de mejorar el tamaño de las flores y de uniformizar la floración.

Los botones se deben de eliminar tan pronto tenga el tamaño suficiente para ser manejados fácilmente, si los botones están demasiado pequeños la operación no se completara en una sesión, por lo que se tendrá que repetir más adelante. Si se dejan crecer demasiado, puede deformar al pedúnculo y deja cicatrices muy marcadas al quitar el botón.

Manejo estándar

Se eliminan todos los botones florales menos el terminal, para permitir que se desarrolle una inflorescencia por tallo. Si el florecimiento es de forma curvada 15 hacia adentro o reflejo de 10 a 15 cm. de diámetro, generalmente se le conoce como “estándar”.

Manejo despuntado

En este tipo de manejo el objetivo principal es dejar varios tallos por planta y una flor por tallo, Para este tipo de producción solo se utilizan cultivares que incrementan bastante el tamaño de la flor después del desyeme.

Manejo spray o ramillete a un tallo

Este tipo de manejo tiene como finalidad producir un tallo por planta pero varias flores por tallo.

Manejo spray o ramillete en este caso se deja varios tallos por planta y varias flores por tallo, para estos dos últimos manejos no se desyema, se deja florecer pero frecuentemente la inflorescencia central (la más antigua) se elimina cuando el color empieza a aparecer en las flores radiales. Ya que esta es la floración más antigua en la cima (conocido como tipo racimo) envejecerá antes que las inflorescencias laterales si no se le retira. Además, también es más largo que las floraciones circundantes; por lo tanto, se retira para permitir una floración más uniforme de las laterales.

Alcalinidad

La alcalinidad es la concentración de alcalinos solubles con la capacidad para neutralizar ácidos manifiesta (Bailey, 1996) y mide la capacidad amortiguadora del agua causada por la eliminación de H[±] de la solución según (KuDehny y Morales, 1998).

La alcalinidad es causada principalmente por los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos presentes en la solución y en menor grado por los boratos fosfatos y silicatos, que pueden estar presentes en la muestra cita (Atenea, 2014).

Alcalinidad en el agua

El bicarbonato (HCO_3^-) abunda en las agua naturales. Por lo común no existe en la naturaleza excepto en solución. Los bicarbonatos de sodio y potasio pueden existir en la forma de sales sólidas. Un ejemplo es el de bicarbonato de sodio describe (Manuel, 2003).

Las principales sales solubles que afectan a los suelos son cloruros, en especial de sodio y magnesio, y en segundo lugar por lo general, bastante alejados los sulfatos de estos cationes, estas son las sales constituidas por cationes y aniones fuertes, su disociación no altera el pH de la solución de manera significativa.

Pero en la solución edáfica y en algunas fuentes de agua de baja mineralización suelen ser alcalinas, en ellas el sodio está asociado con los aniones carbonato y bicarbonato, ambos débiles; la disolución de este tipo de sales hace que el pH de la solución alcance valores muy elevados para la mayor parte de los cultivos (Ortega y Orellana, 2007).

Efecto de la alcalinidad en las plantas

La alcalinidad afecta el crecimiento de las plantas a través de una disminución en la solubilidad de los nutrientes. La disminución de la solubilidad de los nutrientes es causada por el incremento de pH asociada con concentraciones crecientes de carbonato. Cuando los carbonatos se acumulan en el pH de una solución, esta alcanza niveles que causan la inhibición del crecimiento de las plantas, la cual es causada principalmente por la transformación de las formas solubles de Fe en formas insolubles (Salgado, 2015).

Algunos autores mencionan que la alcalinidad afecta el crecimiento de las plantas a través de una disminución en la solubilidad de los nutrientes. La disminución de la solubilidad es causada por el incremento de pH asociado con concentraciones crecientes de carbonatos (Lindsay y Thorpe, 1954; Lunt et al., 1956). Por ejemplo, la concentración de Fe soluble en el suelo disminuye 1000 veces por unidad de pH.

El Zn, Cu, Mn también son menos solubles a la alcalinidad inducida por un pH alto (Barber, 1995).

Otros autores mencionan que el pH alto causado por la alcalinidad directamente puede inhibir el crecimiento de las plantas, como se demostró en las especies de *Lupinus* (Bertoni et al., 1992). Sin embargo, en la mayoría de los casos, no es el pH, sino la elevada concentración de HCO_3^- lo que es el factor principal para la inhibición del crecimiento vegetal (Lee y Woolhouse, 1969) debido a sus efectos tóxicos (Matkin y Petersen, 1971).

El síntoma más visible de la alcalinidad excesiva es la inducción de una clorosis intervenal en las hojas más jóvenes de las plantas y retraso del crecimiento (Pearce et al., 1999 a y b). La clorosis de la hoja se relaciona con una disminución en el contenido de clorofila en las hojas superiores, como se ha informado en cultivares de girasol (Alcántara et al., 1988), soya (McCallister et al., 1989), vid (Nikolic y Kastori, 2000), caña de azúcar (Campbell y Nishio, 2000), durazno (Alcántara et al., 2000) y otras plantas. La clorosis foliar se ha atribuido a un pH alto inducido por la deficiencia de Fe debido a una disminución de la absorción de Fe (Bertoni et al., 1992). La alcalinidad reduce la solubilidad de Fe en valores altos de pH, ya que el Fe forma hidróxidos y otros compuestos insolubles (De la Guardia, M.D. y Alcántara, E. 2002). También la fotosíntesis, conductancia estomática disminuyen con las concentraciones de alcalinidad como se ha reportado en cultivares de *Lupinus angustifolius* L. (Tang y Turner, 1999) y en girasol (Liu y Shi, 2010).

Materia Orgánica del Suelo

La materia orgánica del suelo son los constituyentes de la cubierta vegetal en descomposición, son las principales fuentes de humus del suelo para la mayoría de los microorganismos y animales que habitan en el suelo y que debido a su actividad ocurre la formación de humitas (SH). A pesar de que las distintas especies vegetales contienen en general los mismos grupos de sustancia (ceras, grasas, taninos,

lignina y otros). La proporción de estos en los distintos tejidos vegetales influye considerablemente en la velocidad de humificación (Hernández, 2008).

La materia orgánica del suelo normalmente se divide en dos grandes categorías: sustancias húmicas y sustancias no húmicas. La fracción no húmica de la materia orgánica, consiste de compuestos orgánicos de reciente incorporación aun no descompuestos; la mayor parte de estos compuestos son de bajo peso molecular y pueden ser usados como sustratos por los organismos del suelo. Entre estas sustancias esta; carbohidratos, proteínas, auxinas, alcoholes, aminoácidos, ligninas, grasas, ceras, resinas y pigmentos que llegan a constituir del 10 al 15 % de la reserva de la materia orgánica.

Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas (HS) son componentes naturales del suelo. La materia orgánica, resultante de la descomposición de residuos vegetales, animales y microbianos, pero también de la actividad metabólica de microbios del suelo que usan estos sustratos. HS son colecciones de compuestos heterogéneos, originalmente clasificados de acuerdo con sus pesos moleculares y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos.

Estos compuestos también muestran dinámicas complejas de asociación / disociación en coloides supramoleculares, y esto es influenciado por las raíces de las plantas a través de la liberación de protones y exudados (Du Jardin, 2015).

La variabilidad en los efectos del HS se debe a la fuente del HS, las condiciones ambientales, la planta receptora y la dosis y forma de aplicación del HS (Rose et al., 2014). En cuanto a las fuentes de HS (Du Jardin, 2012), se extraen de materia orgánica naturalmente humificada (por ejemplo, de turba o suelos volcánicos), de compost y vermicomposts, o de depósitos minerales (leonardita, una forma de oxidación de lignito).

Ácidos húmicos

Es soluble en una solución alcalina, pero precipita cuando se acidifica el extracto. Es de color café oscuro, de alto peso molecular (5,000 – 300,000 Dalton), altamente polimerizado, íntimamente ligado a arcillas y resistente a la degradación. Contiene alrededor de 50 – 60 por ciento de carbono (Florenza y Martínez, 1991; Schnitzer, 2001), químicamente son anillos aromáticos, compuestos cíclicos de nitrógeno, cadenas peptídicas, carboxilos y fenoles de alto peso molecular y alta capacidad de intercambio catiónico, además contiene alrededor del 30 por ciento de oxígeno, la mayor porción de oxígeno parece estar presente como un componente estructural del núcleo y/o ciclos aromáticos. Los grupos funcionales oxigenados, están involucrados en reacciones con metales y minerales que proveen elementos nutrimentales para las raíces de los vegetales.

Los ácidos húmicos, tienen alta estabilidad relativa y distinta reactividad y una de sus formas muy interesantes, es la presencia de vacíos de variadas dimensiones, los cuales pueden atrapar o unir otros componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y lípidos o también arcillas minerales oxihidróxidos.

Los ácidos húmicos tienen una gran capacidad para retener y transportar nutrientes, metales, pesticidas; además de ser la fuente más importante de carbono orgánico terrestre y acuático (Álvarez et al., 2004). Los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismo del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimiento de muchas plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003).

Ácidos fúlvicos

Es la fracción de sustancias solubles en medios alcalinos y no se precipita en medios ácidos (Morales, 2003). Es de color pardo – amarillento, de menor peso molecular (900 – 5,000 Dalton) y posee cerca de 43 – 52 por ciento de carbono (Florenza y Martínez, 1991; Bollo, 1999). Son polímeros con un anillo aromático, grupos fenólicos y alto contenido de grupos carboxílicos, posee un 48 por ciento de

oxígeno y tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (Stevenson 1994; Coyne, 2000). Una de sus características que la distingue, es su coloración más clara, mayor contenido de oxígeno y bajo contenido de carbono. El oxígeno puede ser considerado como grupos funcionales $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$ fenólicos, $-\text{COO}$ y $\text{C}=\text{O}$, unidos a cadenas alifáticas y ciclos aromáticos. Según Stevenson (1994), la acidez total de los ácidos fúlvicos ($900 - 1,400 \text{ cmol.kg}^{-1}$) duplica a la de los ácidos húmicos ($500 - 870 \text{ cmol.kg}^{-1}$), esto se debe a que estas sustancias tienen mayor contenido en grupos carboxílicos ($-\text{COOH}$) e hidroxílicos ($-\text{OH}$), presumiblemente fenólicos.

Los Ácidos fúlvicos son moléculas poco polimerizadas con grandes cantidades de grupos carboxílicos, hidróxidos, aminas, unos cuantos anillos aromáticos y cadenas laterales alifáticas de gran longitud. Estos grupos reactivos les proporcionan un carácter global ácido y una elevada capacidad de intercambio catiónico (CIC), por lo que no sólo la roca madre que conforma la arena del suelo es la responsable de este fenómeno. En un suelo, a mayor CIC, mayor es la capacidad y disponibilidad de nutrientes, y por consiguiente mayor su fertilidad, además de que se evitan precipitaciones o bloqueos indeseables de los nutrientes. Por ello se dice que las SH fungen como reguladores del pH de los suelos y ayudan al proceso de meteorización de las aguas. (Melo, 2006).

Efecto de las sustancias húmicas

Numerosos autores, han descrito los efectos directos (que actúan sobre la planta en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento) e indirectos (que actúan sobre las propiedades físicas, químicas, y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos) sobre el desarrollo vegetal, que ejercen las sustancias húmicas (Chen y Aviad, 1990; Stevenson, 1994; Varanini y Pinton, 2000).

Las sustancias húmicas, ejercen distintos efectos, en las propiedades del suelo y pueden variar en función del origen (García, 1990), contenido de grupos funcionales (Piccolo et al. 1992) y concentración, así como de la especie vegetal, edad y estado nutricional (Albuzio et al. 1986).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en un invernadero ubicado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, con la siguiente ubicación geográfica: latitud de 25° 21' 22" N, una longitud de 101°02'04" W, del meridiano de Greenwich y una altitud de 1743 msnm.

Material Vegetativo

El material vegetativo consistió en esquejes enraizados de crisantemos (Breeze Rosy), de aproximadamente 8 cm de longitud de tallo con seis hojas formadas (Figura 1).



Figura 1. Esquejes de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy al momento del trasplante.

Para la realización de esta investigación se utilizaron los siguientes materiales:

Materiales

- 180 esquejes de crisantemo, variedad Breeze Rosy.
- Contenedores 2 l
- Toneles de 70 l
- Cubetas 20 l
- Botes de 1 l
- Jeringa
- Sustrato Peat moss
- Perlita
- Fertilizantes químicos
 1. Nitrato de amonio
 2. Nitrato de calcio
 3. Nitrato de magnesio
 4. Nitrato de potasio
 5. Sulfato de potasio
 6. Sulfato de magnesio
 7. fosfato dipotásico
 8. Quelato de hierro
 9. AC. Nítrico
 10. AC. fosfórico
 11. AC. Sulfúrico
- Bioestimulantes
 1. Ácidos húmicos y fúlvicos
- Mochila de 15 l.
- Insecticidas
 1. Venom
 2. Danapyr
 3. Custer

- 4. Mitac
- 5. Endosaltan
- Fungicida
 - 1. Piststop 720
- Bascula digital
- Vernier
- Cinta métrica
- Regla
- Tijeras de poda
- Bolsas de papel kraft
- Estufa
- SPAD 502DL

Establecimiento y Conducción del Experimento

Tratamientos

Los tratamientos se establecieron en un arreglo factorial con diseño en bloques al azar. Cada tratamiento constó de 5 repeticiones y cada repetición de un contenedor con 4 plantas.

Se evaluaron tres concentraciones de ácidos húmicos-fúlvicos (Factor A) en combinación con tres niveles de alcalinidad en el agua de riego (Factor B), generándose un total de nueve tratamientos (Cuadro 1), mismos que contaron con 5 repeticiones, dando un total de 45 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos del experimento.

Tratamientos	Ácidos húmicos-fúlvicos (ml L⁻¹)	Alcalinidad (meq)
1	0	0.5
2	0	2.5
3	0	5.1
4	1.5	0.5
5	1.5	2.5
6	1.5	5.1
7	3	0.5
8	3	2.5
9	3	5.1

Se utilizaron diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner durante todo el ciclo del cultivo. Para la realización de los cálculos de la solución nutritiva en base a Steiner se utilizó el análisis del agua potable disponible en el invernadero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de calidad del agua potable utilizado para la preparación de las soluciones nutritivas evaluadas en el presente experimento.

Nutrientes	NO₃	H₂PO₄	SO₄	Ca	Mg	K	Na	Cl
meq L⁻¹	0	0	3.5	3.4	2.5	0.11	3.23	1.97

Los primeros días del trasplante se realizó un riego con agua solo se ajustó el pH, enseguida se realizó una solución al 50 % de Steiner y se aplicó a todos los tratamientos, 15 días posteriormente se subió la concentración a un 75 %, el 9 de abril se utilizó la concentración al 100% de Steiner tal como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Sales fertilizantes utilizadas para preparar las soluciones nutritivas (meq) en base a la formulación de Steiner en tres concentraciones (50%, 75% y 100%) y tres niveles de alcalinidad (0.5, 2.5 y 5.1 meq) y considerando el análisis del agua.

Sales	Concentración						
	50 % (Meq)	75% (meq)			100 % (meq)		
		0.5	2.5	5.1	0.5	2.5	5.1
Ca(NO ₃) ₂	1.1	3.35	3.35	3.35	5.6	5.6	6.43
Mg(NO ₃) ₂	0	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
KNO ₃	0.9	3.3	3.55	4.15	4.3	4.3	4.07
K ₂ SO ₄	2.5	1.84	1.75	0.87	0	2.59	2.66
MgSO ₄	0	0	0	0.89	0	0	0.84
KH ₂ PO ₄	0	0	0	1	0	0	1
NH ₄ NO ₃	0	0	0	1	0	0	0
HNO ₃	4	1.85	1.6	0	0.6	0.6	0
H ₃ PO ₄	1	1	1	0	1	1	0
H ₂ SO ₄	0	1.75	0	0	3	1	0
Microelementos	2 ppm de Fe						

Preparación del sustrato

Se utilizó una mezcla de 80% de peat moss más 20% de perlita, al cual se ajustó el pH a 5.6 con bicarbonato de sodio. El sustrato se humedeció hasta formar una mezcla homogénea.

Trasplante

El trasplante se realizó el 3 de marzo del 2019. Esto comienza principalmente con los contenedores realizando 2 cortes en cada lado y se rellenaron con la mezcla de peat moss y perlita dándoles un riego pesado para eliminar el sodio, y enseguida se colocaron 4 esquejes por contenedor. Se prepararon un total de 45 macetas y 180 plantas.

Riego

El primer riego se realizó en el momento del trasplante, continuando cada 3 días. La necesidad hídrica fue de 500 ml por maceta. Los riegos se realizaron de forma manual.

El pH de las soluciones fue ajustado a 5.6 a 7.1 según la solución. El riego se inició el 10 de marzo con fertilizante, es decir, una semana después del trasplante, y llegando a su fin el 22 de mayo del 2019.

Despunte

El día 12 de marzo 2019 se realizó el despunte de los esquejes con el fin de estimular los brotes axilares; esta práctica se realizó como pinzado suave eliminando la parte apical de la planta y dejando a cada esqueje con 6 hojas.



Figura 2. Plantas establecidas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy a las que se les realizó la práctica del despunte y posterior brotación de las yemas axilares.

Desbotonado

Esta actividad se inició el día 15 de abril. En esta etapa se eliminó el botón floral principal, esto se realiza con la finalidad de evitar competencia entre los botones nuevos, por lo tanto los demás botones crecen de un tamaño similar y vigorosamente. Esta etapa se realizó con ayuda de unas tijeras, desinfectando frecuentemente con alcohol, evitando dañar a las plantas.



Figura 3. Plantas establecidas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy a las que se les realizó la práctica de desbotonado inicial.

Variables Evaluadas

Cosecha

Después de 81 días de iniciado el experimento se realizó la medición de la altura, diámetro de inflorescencia, peso fresco y seco de inflorescencia, hojas, tallos, raíz, volumen de raíz.

- **Peso seco de tallo:** Se sometieron a 60 °C durante 24 h en una estufa de secado para obtener la materia seca colocándolos en bolsas de kraft, para después ser pesadas en una báscula.
- **Peso seco de hojas:** Se colocaron las hojas en una bolsa de kraft en estufa de secado y pesando posteriormente.
- **Peso seco de flores:** Se colocaron las flores en una bolsa de kraft y se llevaron a una estufa de secado, para después ser pesadas (Figura 4).

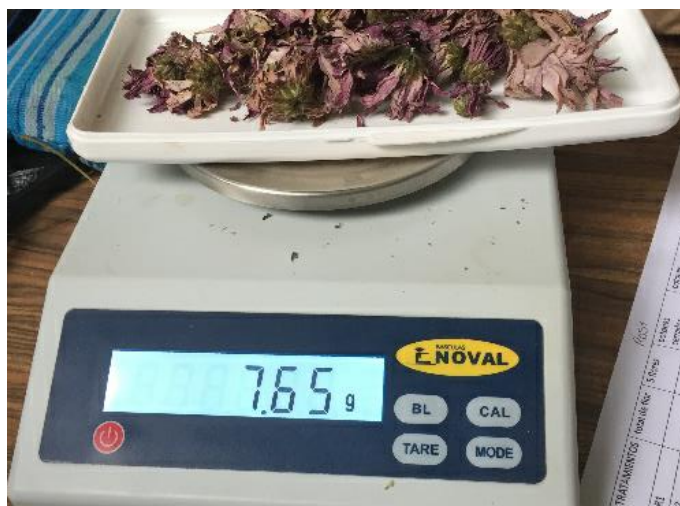


Figura 4. Medición del peso seco de flores de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

- **Peso seco de raíz:** Se colocaron las raíces en una bolsa de kraft y se llevaron a una estufa de secado, para después ser pesadas en una báscula digital (Figura 5).



Figura 5. Medición del peso seco de raíz de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

- **Longitud de planta:** La altura del tallo se midió al nivel sustrato hasta la base de la inflorescencia, con una cinta métrica (Figura 6).



Figura 6. Medición de la longitud de la planta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

- **Unidades SPAD:** Se tomaron los datos con el instrumento SPAD 502DL, colocando este en 5 hojas tomando como referencia el mismo tamaño, color y posición de la hoja con 4 repeticiones a las cuales se les asigno una letra (A,B,C,D,E) (Figura 7).



Figura 7. Medición de las unidades SPAD en hojas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

Diámetro de flor: El diámetro se midió con un vernier (Figura 8).



Figura 8. Medición del diámetro de flores en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

- **Volumen de raíz:** Se colocó en un vaso de precipitado con un volumen de agua conocido, introduciendo la raíz se tomó el dato del volumen que ocupó la raíz (Figura 9).



Figura 9. Determinación del volumen de raíz en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy.

- **Medición de pH y Conductividad eléctrica (CE) del sustrato:** se realizó cada 15 días con el método 2:1 tomando una muestra de 50 ml de sustrato colocándola en un vaso, añadiendo 100 ml de agua destilada, se agitó y se dejó reposar 1 h aproximadamente, enseguida se tomaba los datos con un potenciómetro y un medidor de CE, este proceso se realizó cuatro veces en todo el ciclo del cultivo (Figura 10).



Figura 10. Determinación del pH y conductividad eléctrica del sustrato a base de una mezcla de peat moss y perlita a la terminación del estudio.

IV. RESULTADOS

Peso seco aéreo

El peso seco de la parte aérea no fue afectado significativamente por la concentración de los AHF ni por la alcalinidad en el agua de riego (Cuadro 4); sin embargo, la interacción entre ambos factores resultó ser significativa, y se ilustra en la Figura 11. La interacción entre los AHF y la alcalinidad indica que cuando no se aplicaron AHF, no hay un efecto sustancial sobre el peso seco aéreo al elevarse la alcalinidad. Sin embargo, cuando la alcalinidad del agua de riego fue moderada (2.5 meq) la aplicación de AHF a una concentración de 3.0 ml L⁻¹ resultó favorable al promoverse la acumulación de materia seca en la parte aérea de las plantas, en tanto que cuando la alcalinidad fue elevada (5.1 meq) la concentración ideal de AHF fue de 1.5 ml L⁻¹ (Figura 11).

Cuadro 4. Peso seco (g) de órganos vegetativos en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.

		Tallo	Hojas	Raíz	Aéreo
Ácidos Húmicos-Fúlvicos ml L ⁻¹	0	10.38 a	12.84 a	23.36 a	47.78 a
	1.5	19.82 a	13.30 a	21.58 b	47.26 a
	3	20.66 a	14.10 a	19.53 c	26.13 a
ANOVA	Pr >F	0.321	0.134	<0.001	0.371
Alcalinidad meq	0.5	20.76 a	12.77 a	20.14 b	47.97
	2.5	20.13 a	13.68 a	27.03 a	47.08
	5.1	19.97 a	13.79 a	17.31 c	46.12
ANOVA	Pr >F	0.334	0.208	<0.001	0.304
Interacción		<0.001	0.007	<0.001	<0.001

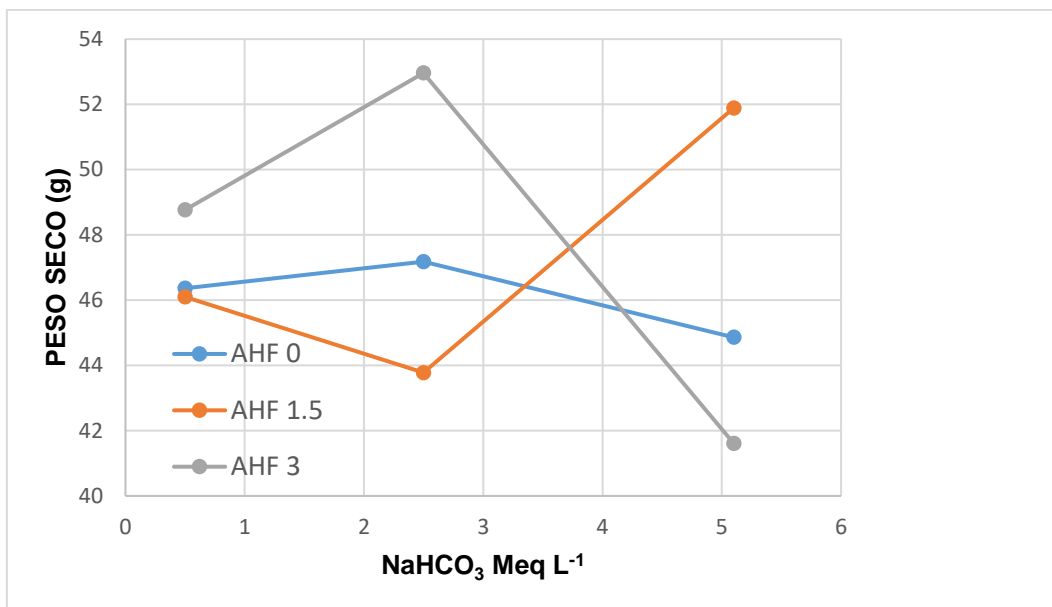


Figura 11. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco aéreo de crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

El peso seco de la raíz disminuyó al incrementarse la concentración de AHF así como la alcalinidad del agua (Cuadro 4), mientras que el peso seco de tallo y hojas no fueron afectados por los factores. Sin embargo, la interacción entre los factores resultó significativa (Cuadro 4), sugiriendo que en condiciones de alcalinidad normal (0.5 meq), la aplicación de AHF resultaron en una disminución del peso seco de tallo (Figura 12), pero favorecieron el peso seco de las hojas (Figura 13); sin embargo, similar al peso seco aéreo, con una alcalinidad moderada la biomasa de tallos y hojas fue favorecida por una concentración de AHF de 3 ml L⁻¹, en tanto que a una alta alcalinidad la mejor opción para la biomasa de tallos y hojas es con 1.5 ml L⁻¹. En cuanto a la raíz, los AHF incrementan el peso seco solo en condiciones de alcalinidad normal (0.5 meq), ya que bajo moderada o alta alcalinidad las plantas sin aplicación de AHF resultaron con mayor biomasa de raíz (Figura 14).

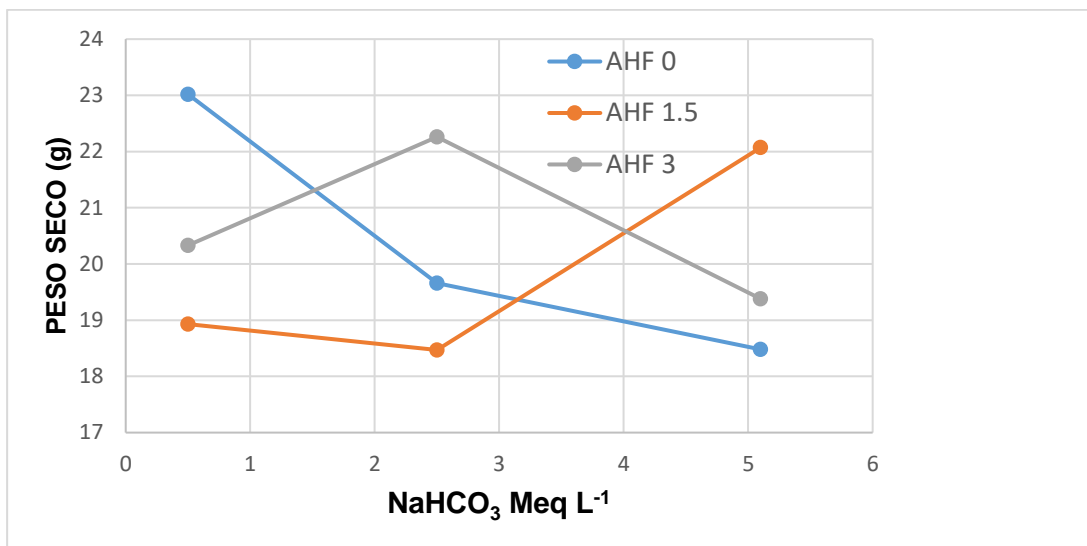


Figura 12. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco de tallo en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

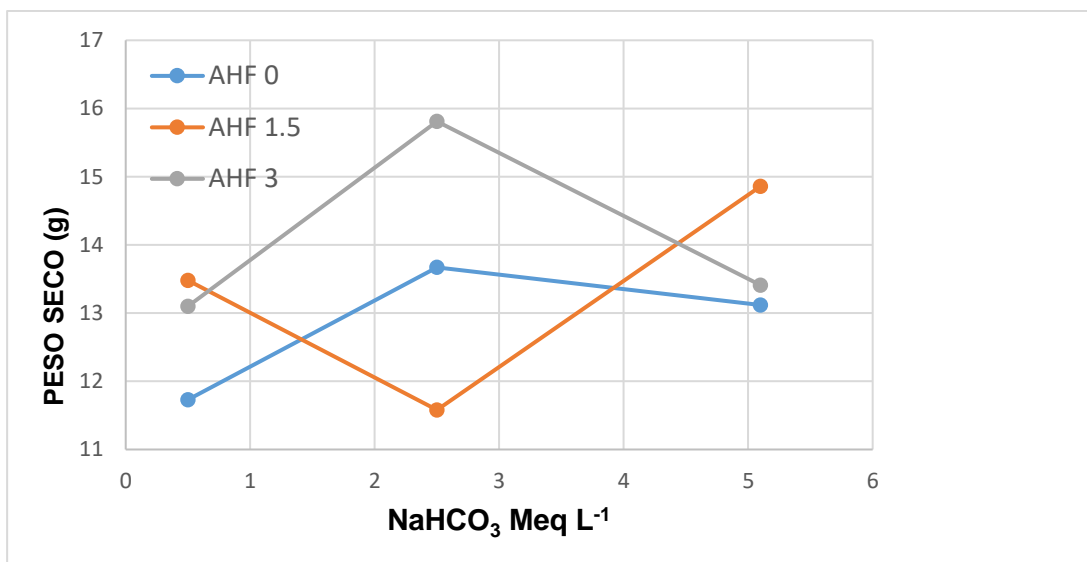


Figura 13. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco total de hojas en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

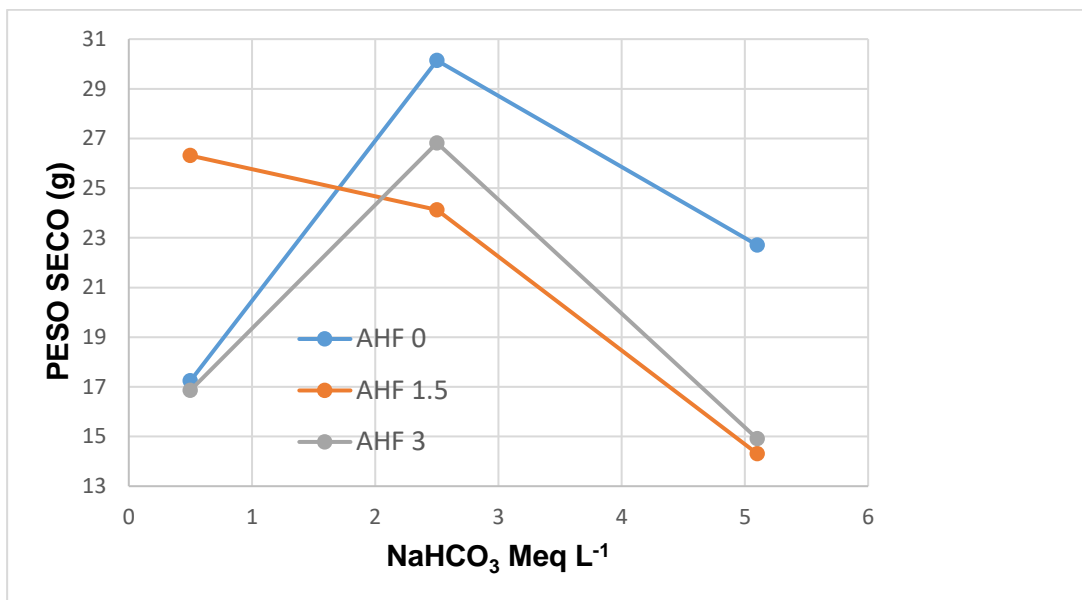


Figura 14. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco de raíz en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

El peso seco de todas las flores presentes en el contenedor fue promovido por la aplicación de 1.5 ml de AHF, mientras que una alta alcalinidad tuvo un efecto detrimental pues se redujo la biomasa de las flores (Cuadro 5); en contraste, el peso de flores individuales así como la biomasa de los botones florales cerrados fueron disminuyendo conforme se aumenta la alcalinidad, en tanto que los AHF no promovieron el aumento en la biomasa floral (Cuadro 5). El peso de los botones florales cerrados así como los abiertos no fue afectado por la aplicación de AHF (Cuadro 5).

Cuadro 5. Peso seco (g) de órganos reproductivos en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.

		Flores totales	Flores	Botón floral abierto	Botón floral cerrado
Ácidos Húmicos- Fúlvicos ml L ⁻¹	0	9.65 b	1.58ab	1.97 a	1.28 a
	1.5	10.47a	1.68a	2.13 a	1.51 a
	3	9.65 b	1.49b	1.91 a	1.47 a
ANOVA	Pr >F	<0.008	<0.028	0.504	0.285
Alcalinidad meq	0.5	9.82 b	1.59 ab	2.39 a	1.33 a
	2.5	10.79 a	1.68 a	1.88 b	1.48 a
	5.1	8.94 c	1.48 b	1.74 b	1.46 a
ANOVA	Pr >F	<0.001	0.017	0.006	0.575
Interacción		<0.001	0.001	0.029	0.151

Considerando la interacción, los resultados muestran que el peso seco de las flores totales (Figura 15) y de botones cerrados (Figura 16) bajo condiciones de alcalinidad normal (0.5 meq) es promovido por los AHF a 3 ml L⁻¹, sin embargo en condiciones de alta alcalinidad (5.1 meq) el peso de las flores fue favorecido por AHF a una concentración de 1.5 ml L⁻¹ (Figura 15-16). En el caso del peso de los botones florales abiertos, los AHF favorecieron una mayor biomasa solo bajo condiciones de alcalinidad normal (0.5 meq), ya que cuando la alcalinidad fue alta, los AHF resultaron en una reducción en el peso de estos botones en comparación con el peso de las plantas con el tratamiento control (Figura 17).

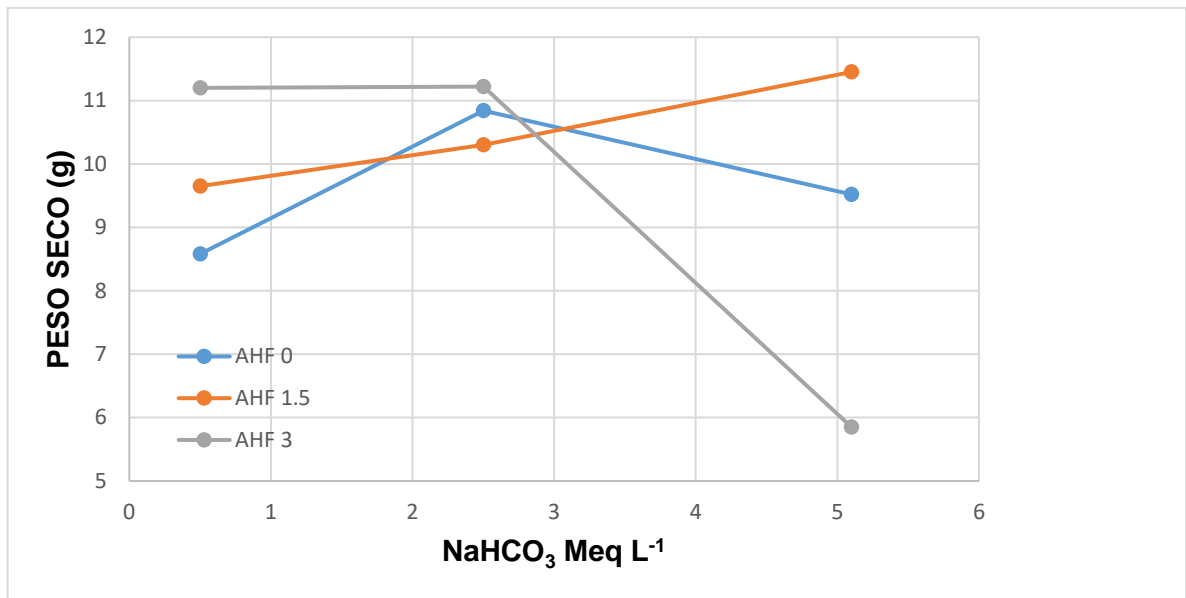


Figura 15. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco de las flores en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

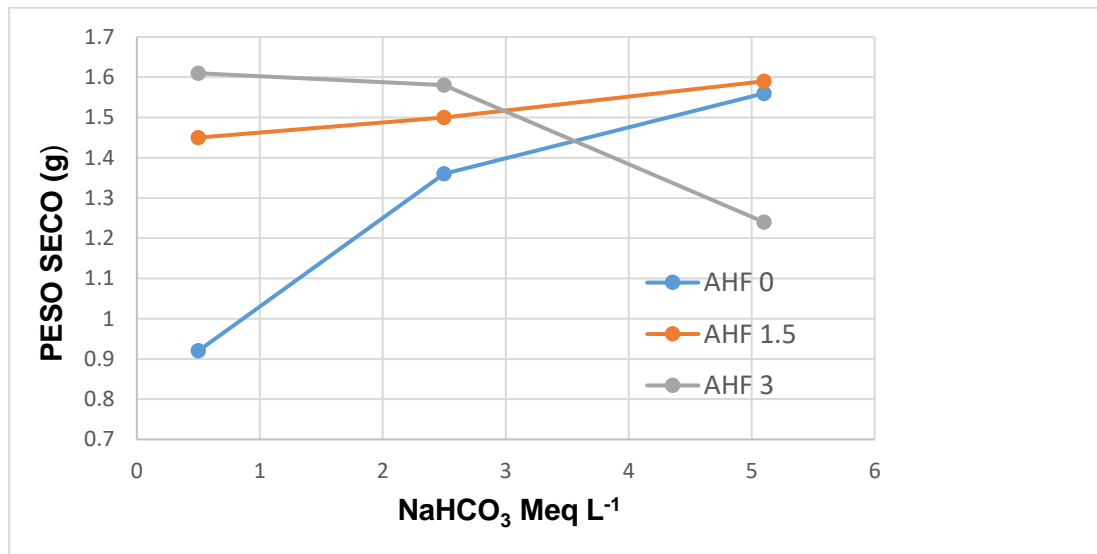


Figura 16. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco de botones florales cerrados en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

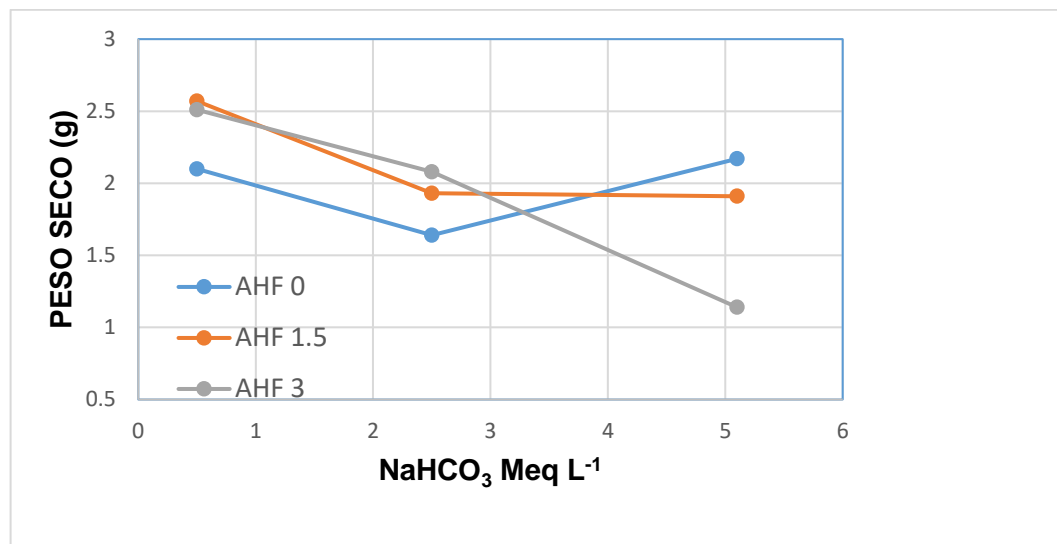


Figura 17. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el peso seco de botones florales abiertos en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

La altura de la planta no fue afectada por la aplicación de AHF, sin embargo, las flores resultaron con un diámetro más reducido cuando se utilizaron los AHF a 3 ml L⁻¹, en tanto que la alcalinidad no afectó ninguno de ambos parámetros (Cuadro 6). Sin embargo, la interacción significativa sugiere que tanto para la longitud de planta (Figura 18) como el diámetro de las flores (Figura 19), los AHF resultaron benéficos a una dosis de 3 ml L⁻¹ cuando la alcalinidad es normal (0.5 meq), en tanto que en condiciones de alta alcalinidad (5.1 meq) esta dosis resulta negativa, y las plantas más grandes y de flores de mayor tamaño se presentan con 1.5 ml L de AHF o bien el tratamiento control.

Cuadro 6. Longitud de planta (cm) y diámetro de flor (mm) en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.

		Altura de planta	Diámetro de flor
Ácidos Húmicos-Fúlvicos ml L ⁻¹	0	26.47 a	79.88 ab
	1.5	26.86 a	82.10 a
	3	26.20 a	76.35 b
ANOVA	Pr >F	0.6716	0.0090
Alcalinidad meq	0.5	25.76 a	78.98 a
	2.5	26.23 a	81.81 a
	5.1	27.54 a	77.54 a
ANOVA	Pr >F	0.0601	0.0587
Interacción		0.018	< 0.001

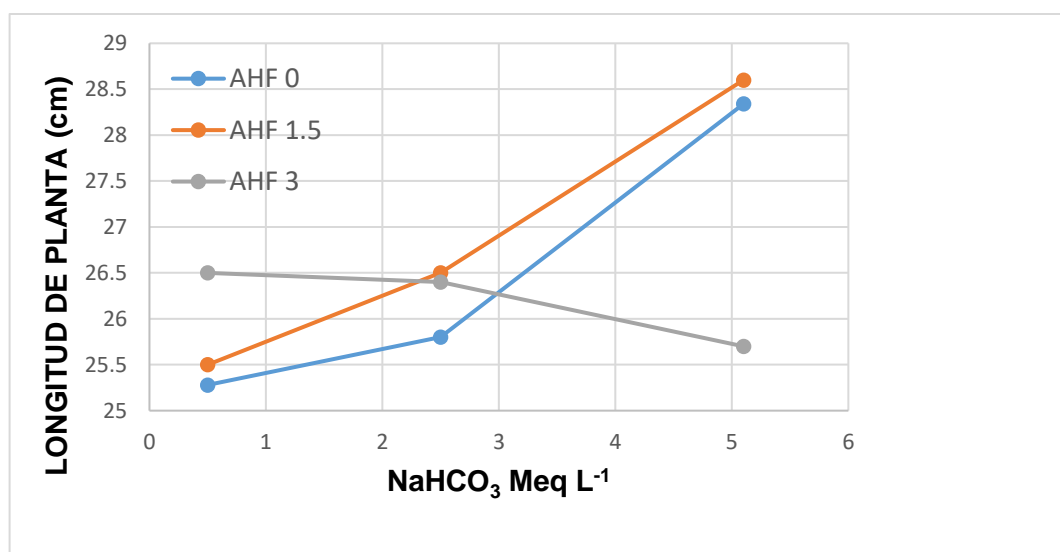


Figura 18. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en la longitud de planta en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

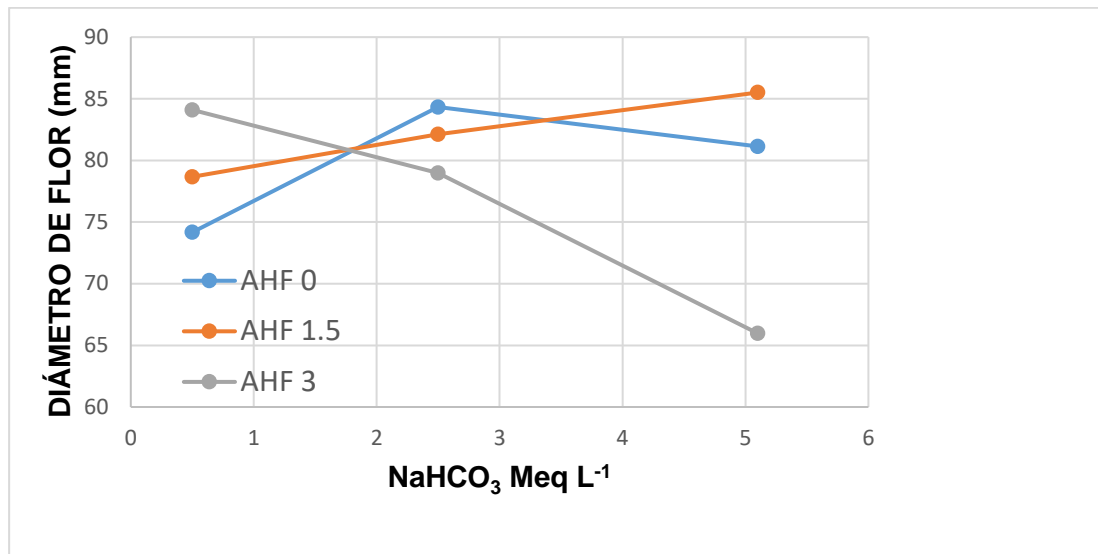


Figura 19. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el diámetro de flor en crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

La intensidad del color verde de las hojas, medida por el índice SPAD, no fue incrementada mediante la aplicación de AHF, sino más bien fue disminuida cuando estos se aplicaron a una dosis de 3 ml L⁻¹ en dos de los muestreos realizados (Cuadro 7). Por su parte, en general, una alta alcalinidad (5.1 meq) resultó en una reducción del índice SPAD en todos los muestreos realizados (Cuadro 7). Sin embargo, la interacción significativa al finalizar el estudio indica que en realidad los AHF a una dosis de 3 ml L⁻¹ si favorecen la intensidad del color verde cuando la alcalinidad es normal (0.5 meq), mientras que en condiciones de alta alcalinidad, se requiere aplicar AHF a una dosis de 1.5 ml L⁻¹ para contrarrestar la disminución del color verde de las hojas observado en las plantas control (Figura 20).

Cuadro 7. Índice SPAD en cinco hojas (A-E) de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos (AHF) en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.

		SPAD hoja A	SPAD hoja B	SPAD hoja C	SPAD hoja D	SPAD hoja E
AHF ml L ⁻¹	0	57.55 a	57.36 a	6.10 a	55.97 b	56.93 a
	1.5	57.36 a	57.13 a	56.06 a	59.38 a	57.99 a
	3	55.12 b	55.44 a	56.33 a	56.57 b	56.02 a
ANOVA	Pr >F	0.309	0.149	0.959	0.028	0.277
Alcalinidad meq	0.5	57.46 a	57.06 ab	56.86 a	57.23 ab	56.58 b
	2.5	58.50 a	57.58 a	57.54 a	59.14 a	60.57 a
	5.1	54.07 b	55.28 b	54.09 b	55.55 b	53.79 c
ANOVA	Pr >F	<0.001	0.086	0.005	0.031	<0.001
Interacción		0.013	<0.001	<0.001	0.033	0.004

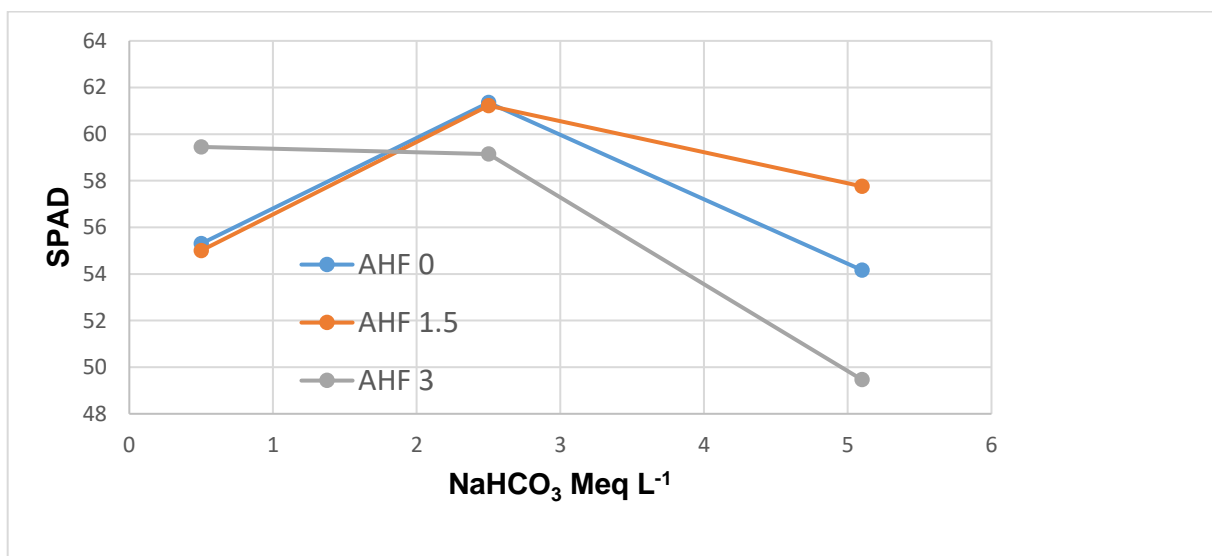


Figura 20. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en el índice SPAD en hojas de crisantemo para maceta (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).

Con excepción del último muestreo, la CE del sustrato no fue afectada por la aplicación de AHF ya que en el muestreo a los 60 días, los AHF estuvieron asociados con una reducción en la CE (Cuadro 8). La CE tampoco fue afectada por la alcalinidad del agua, con excepción del primer muestro (Cuadro 8). El pH del sustrato no fue afectado por la aplicación de AHF, sin embargo, al elevarse la alcalinidad si resultó en un incremento significativo en este parámetro en todos los

muestreos realizados (Cuadro 8). La interacción no mostro un patrón regular en estos parámetros (Cuadro 8), sin embargo, al finalizar el estudio, la aplicación de AHF a una concentración de 1.5 ml L⁻¹ redujo la CE del sustrato cuando la alcalinidad fue de 2.5 meq, mientras que con una alcalinidad de 5.1 meq ambas dosis de AHF pudieron reducir esa CE (Figura 21).

Cuadro 8. pH y Conductividad eléctrica (CE) del sustrato en cuatro muestreos realizados después del trasplante (DDT) en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolim* Ramat) variedad Breeze Rosy en respuesta a la aplicación de ácidos húmicos-fúlvicos (AHF) en condiciones de alcalinidad en la solución nutritiva.

		15 DDT		30 DDT		45 DDT		60 DDT	
		pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
AHF ml L ⁻¹	0	5.78 a	0.98 a	6.60 a	0.80 a	7.33 a	0.63 a	7.41 a	0.87 a
	1.5	5.80 a	1.14 a	6.66 a	0.85 a	7.22 a	0.68 a	7.50 a	0.75 b
	3	5.83 a	1.09 a	6.78 a	0.80 a	7.30 a	0.62 a	7.44 a	0.78 b
ANOVA	Pr >F	0.763	0.450	0.188	0.632	0.252	0.563	0.119	0.013
Alcalinidad meq	0.5	5.68 b	1.29 a	6.42 c	0.84 a	7.02 c	0.65 a	7.14 c	0.81 a
	2.5	5.87 a	0.94 b	6.63 b	0.83 a	7.21 b	0.61 a	7.36 b	0.81 a
	5.1	5.85 a	0.98 b	7.00 a	0.78 a	7.63 a	0.67 a	7.84 a	0.71 a
ANOVA	Pr >F	0.152	0.357	<0.001	0.589	<0.001	0.652	<0.001	0.739
Interacción		0.081	0.051	0.120	0.599	0.195	0.208	0.219	0.007

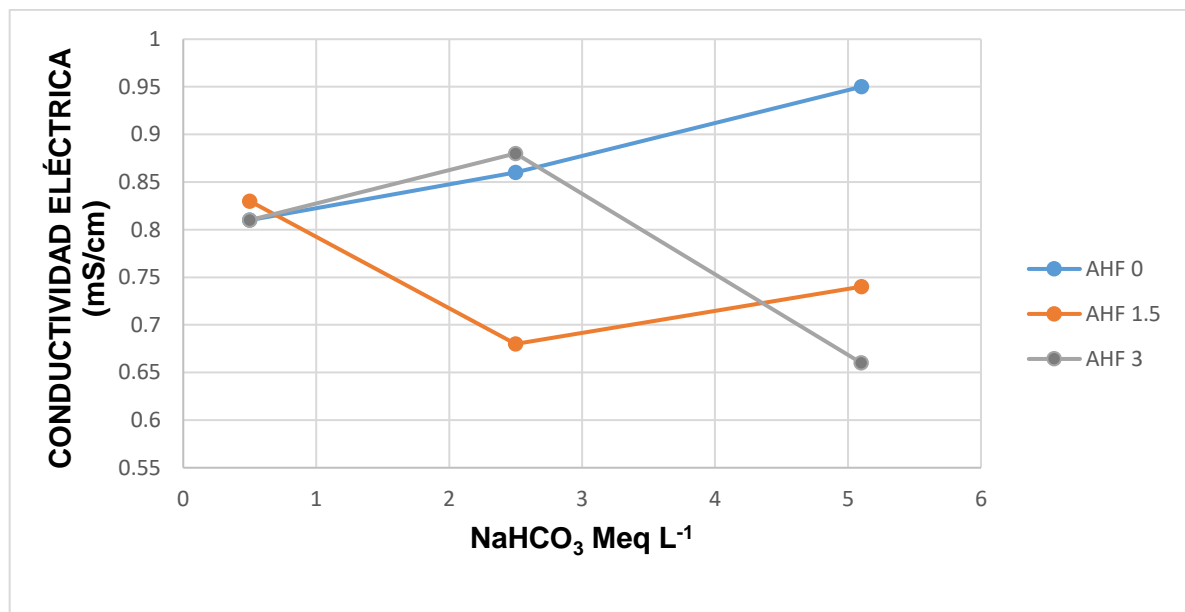


Figura 21. Efecto de la interacción entre la alcalinidad de la solución nutritiva y la aplicación de tres concentraciones ácidos húmicos-fúlvicos (AHF), 0, 1.5 y 3 ml L⁻¹, en la conductividad eléctrica del sustrato a los 60 DDT.

V. DISCUSIÓN

La alcalinidad en el agua de riego es un problema que se presenta en muchos lugares de México y el mundo. Uno de los principales problemas que causa la alcalinidad en los cultivos es una deficiencia de micronutrientes, especialmente de Fe, asociado el incremento en el pH del suelo o del sustrato en plantas ornamentales en maceta (Valdez-Aguilar y Reed, 2007). La deficiencia de Fe se presenta debido a que con el pH alcalino causado por la alcalinidad este elemento se torna insoluble al formarse hidróxido de hierro, mismo que las plantas no pueden asimilar (Havlin et al., 2013). La deficiencia de Fe en las plantas se refleja en un síntoma conocido como “clorosis ferrica” (Zhao et al., 2020), el cual consiste en una coloración amarillenta que inicia en la zona intervenal de las hojas jóvenes (Marschner, 2012).

En el presente estudio, las plantas de crisantemo mostraron una reducción en la coloración verde de las hojas cuando fueron sometidas a riegos con soluciones de alta alcalinidad (5.1 meq). Lo anterior es sugerido por los valores reducidos en el índice SPAD, el cual mide la intensidad del color verde las hojas asociada a una reducción en la concentración de la clorofila (Uddling et al., 2007). La deficiencia de Fe ocasiona la reducción en la concentración de clorofila en las hojas debido a que este elemento está asociado con la síntesis del pigmento (Broadley et al., 2012), lo que sugiere que la alcalinidad proporcionada a las plantas a través de la solución nutritiva ocasionaron una clorosis debida a la deficiencia de Fe que se produce bajo condiciones de pH alcalino; lo anterior es corroborado en el presente estudio ya que el pH del sustrato se elevó significativamente desde el muestreo realizado a los 30 DDT cuando la solución nutritiva contenía una alcalinidad de 2.5 o 5.1 meq. El incremento en el pH del sustrato es debido a la reacción entre los bicarbonatos que causan la alcalinidad del agua con los protones (H^+) que se encuentran en el medio de cultivo, mismos que al consumirse en la reacción ocasionan una mayor proporción de iones hidróxido (OH^-) sobre los H^+ , por lo que el pH se torna alcalino.

La aplicación de AHF no resultó en una mejoría en la coloración verde de las hojas ya que el índice SPAD no fue afectado al aplicarse estas sustancias. Sin embargo, la interacción significativa observada al finalizar el estudio indica que cuando se aplican AHF a una concentración de 1.5 ml L^{-1} si se obtiene una mayor coloración verde, y por lo tanto una menor clorosis férrica, cuando la alcalinidad fue muy elevada (5.1 meq) y a pesar del incremento en el pH. Lo anterior permite aseverar que los AHF si contribuyen a contrarrestar los efectos negativos de la alcalinidad en el agua de riego.

Sin embargo, al finalizar el estudio, los AHF si permitieron disminuir la CE del sustrato pues a los 60 DDT, esta fue menor en las plantas tratadas con 1.5 y 3 ml L^{-1} , lo cual no fue observado en los muestreos anteriores. Esto puede deberse que los AHF pueden estar encapsulando las sales que se fueron acumulando a través de los riegos durante la duración del experimento en un efecto quelante que estas sustancias tienen. Este efecto quelante de las sales ha sido reportado por Mosley (1998) quien señala que en especial los ácidos fúlvicos tienen un fuerte efecto quelante de las sales en el suelo, evitando así su efecto nocivo, lo que se traduce en mejores condiciones para el crecimiento de las plantas.

Nuestros resultados sugieren que los AHF contribuyen a la asimilación del Fe aunque estos se encuentran menos disponibles para la planta en forma de hidróxidos de hierro en la solución del suelo o sustrato. Lo anterior puede deberse también al efecto quelante de los AHF ya señalado anteriormente; esto ha sido demostrado ya que los ácidos fúlvicos incrementan la presencia de Fe soluble en sistemas de acuaponia (Da Silva-Cerosi, 2020), favoreciendo su asimilación a pesar del pH alcalino del sustrato o de la solución nutritiva.

Es importante señalar que los AHF tuvieron un efecto promotor de la acumulación de Fe y la coloración verde de los crisantemos cuando la solución nutritiva contenía una alcalinidad normal (0.5 meq), ya que el índice SPAD fue 7% mayor que el de las plantas control cuando se aplicación AHF a una concentración de 3 ml L^{-1} . Estos resultados coinciden con lo reportado por (Abbaszadeh et al. 2020) quienes señalan que los ácidos fúlvicos en concentración de 0.2 y 0.5 g L^{-1} permiten un mayor

contenido de clorofila en plantas de geranio. Sin embargo, los AHF a una concentración de 3 ml L^{-1} resultaron ser tóxicos para el crisantemo bajo condiciones de alta alcalinidad (5.1 meq); (Pinos et al., 2019) reportaron que de acuerdo a la estructura química de las sustancias húmicas estas pueden afectar negativamente la germinación de semillas de maíz, como ocurre con aquellos ácidos húmicos derivados de suelos de andosol en el Ecuador, los cuales tienden a ser más aromáticos y con menor polaridad, mientras que aquellos derivados de suelos de histosol de Brasil o de vermicomposta resultan ser menos aromáticos y más polares. Lo anterior sugiere que es probable que los AHF utilizados en el presente estudio al ser sometidos a condiciones de alta alcalinidad, el pH elevado pudo haber afectado la polaridad de las moléculas tornándolos menos polares, y por lo tanto más tóxicos, especialmente a alta concentración (3 ml L^{-1}), lo que explicaría la reducción en el índice SPAD. En concordancia con lo anterior, se ha reportado que la extracción alcalina de las sustancias húmicas afecta las características de los AHF (Rosa et al., 2005). Las referencias anteriores permiten suponer que en condiciones de alta alcalinidad, como las observadas al finalizar el estudio, pudieron haber modificado las características de los AHF afectando negativamente la respuesta de las plantas, lo cual se presentó también cuando estos se aplicaron a 1.5 ml L^{-1} pero en menor proporción debido a la menor concentración.

La tendencia observada con respecto al pH del sustrato se reflejó en la respuesta de las plantas, ya que el peso seco aéreo, el peso seco de tallos, el peso seco de hojas, la longitud de la planta y el diámetro de las flores fueron afectados por la alcalinidad de la solución nutritiva; sin embargo, cuando esta fue muy alta (5.1 meq), los AHF a una concentración de 1.5 ml L resultaron benéficos ya que el peso de estos órganos se mantuvo o se incrementó. Estos resultados permiten señalar entonces que las sustancias húmicas en una concentración adecuada aumentan la tolerancia a la alcalinidad en el agua de riego en crisantemo para maceta. Similar a lo que se mencionado con respecto al pH del sustrato, con 3 ml L^{-1} no se obtienen resultados favorables en condiciones de alta alcalinidad por el probable efecto tóxico de estas sustancias al cambiar su polaridad por efecto del pH alcalino. De igual manera, cuando las plantas fueron sometidas a condiciones de alcalinidad normal

(0.5 meq), los AHF tuvieron efectos benéficos pues promovieron el crecimiento de las plantas ya que resultaron con mayor peso seco aéreo, peso seco de raíz y peso seco de flores.

La interacción entre los AHF y la alcalinidad indica que cuando no se aplicaron AHF, no hay un efecto sustancial sobre el peso seco aéreo al elevarse la alcalinidad, lo que sugiere que el crisantemo es una especie tolerante a la alta alcalinidad. Resultados similares fueron reportados por (Valdez-Aguilar y Reed 2007), quienes indican que crisantemo en maceta no fue afectado en la biomasa aérea con hasta 10 meq de alcalinidad. Estos resultados sugieren que los AHF promueven la acumulación de biomasa tanto en condiciones de moderada o alta alcalinidad, aunque en condiciones de alta alcalinidad, este efecto promotor depende de la concentración de AHF.

Se ha reportado que las sustancias húmicas en general actúan como bioestimulantes en plantas hortícolas (Canellas et al., 2015); (Nasiri et al., 2015) reportaron resultados similares ya que plantas de geranio tratadas con ácidos húmicos y fúlvicos al 4% resultaron con un mayor número y peso de ramas, contenido de clorofila, área foliar y peso seco de raíz. El mayor crecimiento y peso seco de las plantas asociado a la aplicación de AHF puede estar relacionado con un aumento en la tasa de fotosíntesis, como lo ha señalado (Fan et al., 2014) en crisantemo, lo que a su vez pudo estar relacionado con la mayor concentración de clorofila (índice SPAD) observada bajo condiciones normales de alcalinidad al aplicar los AHF en dosis de 3 ml L⁻¹.

En el presente estudio, el peso seco de raíces fue afectado negativamente por la aplicación de AHF en condiciones de alta alcalinidad (5.1 meq). Lo anterior puede deberse al elevado pH del sustrato que resulta de las aplicaciones de bicarbonatos, mismas que afectan el crecimiento de las raíces. Lo anterior coincide con reportes realizados por (Cartmill et al., 2007) en rosas y por (Valdez-Aguilar y Reed 2006) en hibiscus.

El efecto bioestimulante de la AHF sobre la raíz también fue observado en el presente estudio ya que en condiciones normales de alcalinidad (0.5 meq) resultó en una mayor biomasa cuando se aplicaron a una concentración de 1.5 ml L⁻¹. Estos resultados contrastan con los reportados por (Nasiri et al. 2015) en geranio ya que los autores señalan que la longitud y el peso seco de raíces son favorecidos por los ácidos húmicos y fúlvicos al 4% de cada uno, y con reportes realizados por (Hegde et al. 2018) en crisantemo.

VI. CONCLUSIONES

Los ácidos húmicos y fúlvicos aplicados estimularon el crecimiento de plantas de crisantemo en maceta al promover un mayor peso seco aéreo, longitud de plantas y coloración verde del follaje. La alcalinidad en el agua de riego afectó el crecimiento de las plantas; sin embargo, la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos contrarrestaron el efecto negativo de la alcalinidad cuando se aplicaron a una concentración de 1.5 ml L⁻¹.

VII. LITERATURA CITADA

- Abbaszadeh Faruji, R., Shoor, M., Tehranifar, A., y Abedi, B. 2020. Effects of humic and fulvic acids on some physiological characteristics of two ornamental plants of geranium (*Pelargonium* spp.) and scindapsus (*Scindapsus* spp.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology, 11:45-58.
- Aganga, A. A. y Tshwenyane, S.O. 2003. Lucerne, Lablab and *Leucaena leucocephala* forages: production and utilization for livestock production. Pakistan Journal of Nutrition 2: pp 46-53.
- Albuzio, A., Ferrari, G., y Nardi, S. 1986. Effects of humic substances on nitrate uptake and assimilation in barley seedlings. Canadian Journal of Soil Science 66:731-736.
- Alcántara, E., Romera, F. J., Cañete, M., y De la Guardia M. D. 2000. Effects of bicarbonate and iron supply on Fe (III) reducing capacity of root and leaf chlorosis of the susceptible peach rootstock 'Nemaguard'. Journal of Plant Nutrition 23:1607-1617.
- Alcántara, E., Romera, F. J., y de la Guardia, M. D. 1988. Genotypic differences in bicarbonate-induced iron chlorosis in sunflower. Journal of Plant Nutrition 11:65-67.
- Alvarez, R. A., Goulet, P., y Garrido, J. 2004. Characterization of the porous structure of different humic fractions. Colloids and Surface. pp 129-135.
- Bailey, D. A. 1996. Alkalinity and acidification. In: Reed, D. Wm. (Ed.). Water, media and nutrition. Ball Publishing, Batavia, IL. pp. 69-91.
- Barber, S.A. 1995. Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. 2nd edition. John Wiley and Sons, New York.
- Barbosa, J. G., Kampf, A. N., Martínez, H. E. P., Koller, O. C., y Bohnen, H. 2000. Chrysanthemum cultivation in expanded clay. I. Effect of the nitrogen-phosphorous-potassium ratio in the nutrient solution. Journal of Plant Nutrition 23:1327- 1336.

- Bautista, P. G. J. 2002. Respuesta del crisantemo a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos, en suelos no aptos agrónomicamente. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Bertoni, G. M., Pissaloux, A., Morad, P., y Sayag D. R. 1992. Bicarbonate pH relationship with iron chlorosis in white lupine. *Journal of Plant Nutrition* 15:1509-1518.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Ediciones Mundi-prensa, Barcelona, España. pp. 150.
- Broadley, M., P. Brown, I. Cakmak, J. Feng Ma, Z. Rengel y F. Zhao. 2012. Functions of nutrients: micronutrients. In: Marschner P. (editor). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. United States of America, Elsevier. pp. 191-248.
- Campbell, S. A. y Nishio, J. N. 2000. Iron deficiency studies of sugar beet using an improved sodium bicarbonate-buffered hydroponic growth system. *Journal of Plant Nutrition* 23:741-757.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., y Piccolo, A. 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 15-27.
- Cartmill, A.D., Alarcón, A., y Valdez-A. L.A. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of *Rosa multiflora* cv. Burr to bicarbonate in irrigation water. *Journal of Plant Nutrition* 30:1517-1540.
- Chen, Y. y Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. In *humic substances in soil and crop science, selecte readings*. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America (Eds.). Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 161 – 186.
- Coyne M. 2000. *Microbiología de suelo: un enfoque exploratorio*. Ed. Paraninfo. Madrid, España. pp. 416.
- Da Silva Cerozi, B. 2020. Fulvic acid increases iron bioavailability in aquaponic systems: theoretical designs and practical considerations to prevent iron deficiency in plants. *Aquacultural Engineering* 102091.

- De la Guardia, M.D. y Alcántara, E. 2002. Bicarbonate and low iron level increase root to total plant weight ratio in olive and peach rootstock. *Journal of Plant Nutrition*. 25:1021-1032.
- Du Jardin. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196:3–14.
- Elizarrarás-Lozano, S., Serratos-Arévalo, J. C., López-Alcocer, E., y Román-Miranda, L. 2009. La aplicación de ácidos húmicos sobre características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro- Occidente de México *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 13, núm. 3, pp. 11-16.
- Fan, H. M., Wang, X. W., Sun, X., Li, Y. Y., Sun, X. Z., y Zheng, C. S. 2014. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*, 177:118-123.
- Florenza, P. y Martínez, J. 1991. Horticultura y materia orgánica. *Horticultura* 66:42–50.
- Flores-Ruvalcaba. J. S., A. E. Becerril-Román.; V. A. González-Hernández.; L. Tijerina-Chávez.; T. Vásquez-Rojas. 2005. Crecimiento vegetativo y floral del crisantemo, en respuesta a la presión osmótica de la solución nutritiva. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11:241-249.
- García, C. 1990. Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia
- Gómez P. L. 2013. Respuesta a la alcalinidad en agua de riego con aplicaciones suplementarias de calcio en *lisianthus*. Tesis de posgrado, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Havlin, J., S. Tisdale, W. Nelson, y J. Beaton. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers*. 8th edition. Pearson.
- Hegde, P. P., Shivaprasad, M., Ganapathi, M., y Chandrashekar, S. Y. 2018. Influence of biostimulants on growth and physiology of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* TZVELEV.) var. Kolar Local under protected cultivation. *International Journal of Pure and Applied Biosciences* 6:1259-1264.

- Hernández, G. E. A, 2008. Respuesta del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* RAM.) al uso de fertilizantes inorgánico mineral, Organomineral y desalinizadores. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Kuehny J. S. y Morales B. 1998. Effects of salinity and alkalinity on pansy and impatiens in three different growing media. *Journal of Plant Nutrition* 21:1011-1023.
- Langhans, R. 1964; *Chrysanthemum*. A Manual of the Culture Diseases, Insect and Economics of Floriculture N.Y. Collage of Agriculture, Cornell University, Ithaca, N.Y. U.S.A.
- Larson, R. A. 1988; *Introducción a la Floricultura*. AGT, Editor. S.A. México, 1ª Edición en Español.
- Lee, J. A. and Woolhouse H. W. 1969. A comparative study of bicarbonate inhibitions of root growth in calcicole and calcifuge grasses. *New Phytologist*. 68:1- 11.
- Lindsay, W. L. y Thorpe D. W. 1954. Bicarbonate and oxygen as related to chlorosis. *Soil Science* 77:271-279.
- Liu, J. and Shi D. C. 2010. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, inorganic ion and organic acid accumulations of sunflower in responses to salt and saltalkaline mixed stress. *Photosynthetica* 48:127-134.
- Lunt, O. R., Kohl, H. C. y Kofranek, A. M. 1956. The effect of bicarbonate and other constitutens of irrigation water on the growth of azaleas. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 68:537-544.
- Manuel G. O. 2003. *Manual de fertilizantes para la horticultura ediciones Limusa primera reimpresión* pp. 35.
- Matkin, O. A. y Petersen F. H. 1971. Why and how to acidify irrigation water. *American Nurserymen* 133:14-73.
- McCallister, D. L., Wiese, R. A., y Soleman, N. J. 1989. Effect of potassium salts on alleviation of lime-induced chlorosis in soybean. *Journal of Plant Nutrition* 12:1153-1174.

- Melo, L. L. 2006. Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos metales pesados. Tesis de licenciatura, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Pachuca de Soto, Hidalgo.
- Morales, M. J. 2003. Efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el cultivo de liliium (*Lilium* híbrido asiático). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 170.
- Mosley, R. 1998. The effects of humates on remediation of hydrocarbon and salt contaminated soils. In 5th International Petroleum Environmental Conference, New Mexico. pp. 5-14.
- Nasiri, Z., Khalighi, A., y Matlabi, E. 2015. The effect of humic acid, fulvic acid, and Kristalon on quantitative and qualitative characteristics of geranium. International Journal of Biosciences 6:34-41.
- Nikolic, M. y Kastori R. 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. Journal of Plant Nutrition 23:1619-1627.
- Ortega S. F. y Orellana G. S. 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. I. Aguas salinas o alcalinas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 16:41-44.
- P. Marschner, 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Elsevier Science, USA.
- Pandya, H. A y Saxena, O. P. 2001. Preservation of *Chrysanthemum* sp. by drying. Acta Horticulturae 543:367-370.
- Pearce, R. C., Li, Y., y Bush, L. P. 1999a. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: hydroponic culture. Journal of Plant Nutrition 22:1069-1078.
- Pearce, R. C., Li, Y., y Bush, L. P. 1999b. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: float system. Journal of Plant Nutrition 22:1079-1090.
- Piccolo, A., Nardi, S., y Concheri, G. 1992. Structural characteristics of humic substances as related to nitrate uptake and growth regulation in plant systems. Soil Biology and Biochemistry 24:373 – 380.

- Pinos, N. Q., Berbara, R. L. L., Tavares, O. C. H., y García, A. C. 2019. Different structures in humic substances lead to impaired germination but increased protection against saline stress in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 50:2209-2225.
- Rosa, A. H., de Oliveira, L. C., Bellin, I. C., Rocha, J. C., Romão, L. P. C., y Dias Filho, N. L. 2005. Influence of alkaline extraction on the characteristics of humic substances in Brazilian soils. *Thermochimica Acta*, 433:77-82.
- Rose, M. T., Patti, A. F., Little, K. R., Brown, A. L., Jackson, W. R., y Cavagnaro, T. R. 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. In: Sparks, D.S. (Ed.), *Advances in Agronomy* 124:37–89.
- Salgado, R. H. 2015. Comportamiento del *Lisianthus (Eustoma grandiflorum)* cultivado en variable nivel de alcalinidad y contenido de calcio en hidroponía. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Schnitzer, M. 2001. The in situ analysis of organic matter in soils. *Canadian Journal of Soil Science* 81:249 – 254.
- Stevenson, F. J. 1984. *Humus chemistry: Genesis, composition and reactions*. Wiley, New York, USA.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus chemistry: Genesis, composition, reactions*. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- Tang, C. y Turner, N. C. 1999. The influence of alkalinity and water stress on the stomatal conductance, photosynthetic rate and growth of *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus pilosus* Murr. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 39:457-464
- Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., y Pleijel, H. 2007. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research* 91:37-46.
- Valdez, A. L. A. 2004. Effect of alkalinity in irrigation water on select greenhouse crops. Dissertation. Texas A&M University.

- Valdez, A. L. A., Grieve, C. M.; Poss, J.; Mellano, M. A. 2009. Hypersensitivity of *Ranunculus asiaticus* to salinity and alkalinity in irrigation water in sand cultures. HortScience 44:138-144.
- Valdez-Aguilar, L. A. y D. Wm. Reed. 2006. Comparison of growth and alkalinity-induced responses in two cultivars of hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis* L.). HortScience. 41:1704-1708.
- Valdez-Aguilar, L.A y D.Wm. Reed. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. Journal of Plant Nutrition 30:441–452.
- Varanini, Z. y Pinton, R. 2000. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In: the rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. Pinton, R., Varanini, Z. and Nannipieri, P. (Eds.) Marcel Dekker. pp. 141 – 158.
- Zhao, Y., Sun, M., Liang, Z., Li, H., Yu, F., y Liu, S. (2020). Analysis of contrast iron chlorosis tolerance in the pear cv 'Huangguan' grafted onto *Pyrus betulifolia* and quince grown in calcareous soils. Scientia Horticulturae, 271, 109488.

LITERATURA ELECTRÓNICA

Atenea. 2014.

http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap10.pdf. Consultado abril 2019

Du Jardin, P. 2012.

The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis. Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR. 2012.

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf

Infoagro. 2019

<https://www.infoagro.com/flores/flores/crisantemo.htm>. Consultado marzo 2019

Patiño, M.J.E. 2009. Efecto de tres hidratantes hormonales en cuatro variedades de crisantemo (*chrysanthemum idicum*) durante la post-cosecha en antonio ante, imbabura. Tesis de licenciatura, universidad técnica del norte, facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/323/1/03%20AGI%20248%20TESIS.pdf>. Consultado Abril 2019